



Title	部分予混合化ディーゼル燃焼の特性改善に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	稲葉, 一輝
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第13789号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/75910
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Kazuki_Inaba_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 稲葉 一輝

審査担当者 主査教授 小川 英之
副査教授 藤田 修
副査教授 田部 豊
副査准教授 柴田 元

学位論文題名

部分予混合化ディーゼル燃焼の特性改善に関する研究

(A Study on Improvements of Characteristics in Partially Premixed Diesel Combustion)

二酸化炭素を含む温室効果ガスの抜本的かつ持続的な削減対策確立が急務であるのに対し、ディーゼルエンジンのさらなる高熱効率・低エミッション化と普及拡大を図ることは、二酸化炭素削減に資するものと考えられる。このような背景のもと、予混合化ディーゼル燃焼の後にディーゼル噴霧燃焼を行う部分予混合化ディーゼル燃焼は、高熱効率・低排出ガスを実現する燃焼コンセプトとなり得ることが示されているが、広範な運転負荷範囲においてその燃焼特性を検討した例は少なく、高熱効率・低エミッション・低騒音運転の実現要件を明確化することが求められている。

それに対し本研究では、部分予混合化ディーゼル燃焼の熱効率向上および排出ガス低減技術の構築を最終目的として、広範な運転負荷範囲において吸気および燃料噴射の各条件などの制御因子が燃焼特性に与える影響を実機試験および CFD 解析により詳細に検討するとともに、混合気の空間的な制御により燃焼改善を試みる新燃焼室を考案して実証試験を行っている。

筆者は、まず広範な負荷範囲において吸気ガス条件や燃焼室形状に由来する筒内ガス流動、および燃料噴射条件といった制御パラメーターが部分予混合化ディーゼル燃焼の燃焼特性に与える影響を調査し、以下の結果を得ている。

- (1) 低・中負荷条件では、高い吸気圧力のもと吸気酸素濃度を低下させることで高熱効率・低エミッション運転が可能である。
- (2) 低負荷条件では、吸気温度を上昇させることで CO および THC の排出が抑制され、燃焼効率の改善による図示熱効率の向上が可能である一方、中負荷以上では低吸気温度でも燃焼効率が十分高くなるため、冷却損失が少ない低吸気温度の方が高い図示熱効率を得られる。
- (3) 低負荷条件では、筒内ガス流動の弱い Toroidal 型燃焼室の方がガス流動の強い Re-entrant 型燃焼室よりも図示熱効率は高く、中負荷条件では同等で、高負荷条件では Re-entrant 型の方が高くなる。
- (4) 広範な吸気酸素濃度および吸気圧力、燃焼室形状において空気過剰率と黒煙の排出量の間には強い相関があり、吸気酸素濃度を低下させた場合でも過給によって空気過剰率が 1.5 を下回らないようにすることで黒煙の排出を抑制できる。
- (5) 前期燃焼の燃料噴射を二段階に分割した三段噴射燃焼とすることで、前期・後期噴射のみの場合と比較して主に冷却損失の低減によって図示熱効率の向上が可能である。この冷却損失の低減は、三段噴射を行うことで、前期燃焼の緩和効果に加えて燃焼室壁面近傍での燃焼量および噴霧によって

励起されるガス流動が低減するためである。

次に、これらの結果をもとに最適化された部分予混合化ディーゼル燃焼と従来の拡散噴霧燃焼および予混合化ディーゼル燃焼を比較検討し、以下のとおり、部分予混合化ディーゼル燃焼の優位性を明らかにしている。

(1) 同一負荷条件においては、部分予混合化ディーゼル燃焼は予混合化ディーゼル燃焼と比較して、燃料噴射の分割により燃焼室壁面近傍での燃焼量が低減するため、冷却損失が低減して図示熱効率が高くなる。

(2) 低・中負荷条件において従来ディーゼル噴霧燃焼と比較すると、部分予混合化燃焼は排気エミッションを悪化させることなく大幅な図示熱効率の向上が得られるが、高負荷条件では従来燃焼と同等の機関特性となる。

さらに、部分予混合化ディーゼル燃焼で課題となる後続燃料噴霧の空気利用率低下による黒煙排出量の増加に対し、燃焼領域の空間的な分割制御を可能とする新燃焼室である噴霧分配型燃焼室を用い、その空気利用率向上効果による黒煙低減を試み、以下の結果を得ている。

(1) 噴霧分配型燃焼室では前期燃料噴射時期を燃料噴霧が上段燃焼室に進入するように設定することで噴霧の適正な空間的分配が可能となり、前期燃焼により形成された高温・低酸素雰囲気中への後期燃料噴霧の進入を抑制できる。

(2) 噴霧分配型燃焼室はリエントラント型燃焼室に比べて、既燃焼領域と後期燃料噴霧の干渉を抑制できるため、より高い負荷領域においても低黒煙燃焼が可能である。

(3) 噴霧分配型燃焼室を用いた際の図示熱効率は、最適化した結果に比べて低下するが、これは、燃料噴霧の分配が成立する前期燃料噴射時期では、燃焼が上死点前に生じるために冷却損失および排気損失が大きいことと、着火遅れを確保するために圧縮比を低下させたことに起因すると考えられ、熱効率の改善には燃焼位相の適正化が必要である。

以上を要するに、本研究は部分予混合化ディーゼル燃焼がディーゼルエンジンの高熱効率・低エミッション化に対して高いポテンシャルを有することを示し、ディーゼルエンジンの普及拡大と二酸化炭素削減に資する成果を得ていることから、エンジンシステム工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。